

富山県楡原における融雪量推定手法の検証に関する研究

金沢工業大学大学院 学生会員 ○松島 智也
金沢工業大学 正会員 有田 守

1. はじめに

平成 22 年 3 月 9 日に山地からの融雪水及び雨水によって富山県岩稲地区の国道 41 号線で、道路盛土法面の崩壊が発生した。当該地域に限らず北陸地方では融雪期の斜面災害が頻発しており、防災の観点から融雪量を推定し、斜面災害の予測を行う必要がある。

気象データによる融雪量推定手法を大別すると熱収支法と Degree-day 法に分類でき、熱収支法は雪面に入出入りするエネルギー量の残差が融雪に使われた熱量とする方法で、局所的で狭い範囲に適用でき、融雪量の算定方法では最も厳密な手法である。しかし、多くの気象データが必要である。一方 Degree-day 法は地域特性を表す融雪係数に気温を乗じて融雪量を算定する手法で、簡便に融雪量を求めることが出来るが、他の気象要素による融雪量や積雪水量の算定は出来ない。以上の問題点を踏まえて、水津(2002)は熱収支法に必要な連続気象観測データをアメダスの気象データで代替した簡易熱収支法を考案している。このモデルに必要な気温、降水量、日照時間、風速のデータは、すべてアメダスから取得することができ、融雪量推定のみならず積雪深の有無や積雪量も推定できる¹⁾。また、Degree-day 法の精度向上も試みられており、河島(2008)は気温データを用いて融雪開始日の推定や積雪層内における融雪水浸透の時間的な遅れを考慮した改良型 Degree-day 法を考案している。これらの手法は、適用地域の特性を考慮する必要がある、任意地点ごとの係数を適切に設定する必要がある。また、このような融雪量推定モデルが提案されているが、筆者の知る限り融雪期の斜面災害が発生した富山県岩稲地区での適用事例はない。そのため、対象地域に簡易熱収支法や Degree-day 法等を適用し、ライシメータによる観測値との比較およびモデルの妥当性の検証を行う。また、国道 41 号線で発生した土砂災害時の融雪量を算定し、融雪が災害に与えた影響について考察を行うことを目的とする。

2. 計算方法

本研究では、簡易熱収支法、Degree-day 法、改良型 Degree-day 法の 3 手法によって融雪量を算定した。式(1)に簡易熱収支法の推定式を示す。

$$M_s + M_g = NRS + NRL + H + \lambda E + R + Q_i + G \quad (1)$$

ここで、 M_s は積雪表面層での融雪量、 M_g は底面での融雪量、 NRS は短波長収支量、 NRL は長波長収支量、 H は顕熱伝達、 λE は潜熱伝達、 R は降雨による搬送熱、 Q_i は積雪層内での貯熱変化、 G は地中からの伝導熱である。なお、 H 、 λE を算定するためには、任意地点の係数である K_{SL} を求める必要がある。本稿では水津(2002)に従い、実測の積雪深と計算で算定した積雪水量との消雪日の二乗平均誤差を最小にする K_{SL} を選択した結果から 2.7 を使用した。

Degree-day 法は日平均気温に融雪係数 k (mm/°C/day) を乗じて融雪量を算定する手法で、融雪係数は春先の代表的な値とされる 5.8 を使用した。

改良型 Degree-day 法は積雪層内における融雪水浸透の時間的な遅れを加味するために、当日だけでなく前日の平均気温も考慮した手法であり、式を以下に示す。

$$M = \frac{k}{2}(T_{ay} + T_{at}) \quad (2)$$

ここで、 M は日融雪量、 k はディグリー・デー・ファクター、 T_{ay} 、 T_{at} は融雪量を推定する前日と当日の平均気温である。

3. 計算結果および考察

3.1 融雪量推定手法の適合性の検討

富山県岩稲地区で発生した災害現場から約 1 km 離れた楡原トンネル付近に 2 m×2 m のライシメータが設置されており、融雪量の観測が行われている²⁾。そのデータと各手法で求めた予測融雪量の比較を行った。計算に必要な気温、降水量、日照時間、風速は、近隣のアメダス八尾観測所のデータを使用し、期間は 2013 年から 2018 年の 1~3 月とした³⁾。なお、2014 年と 2016 年に関してはデータ欠測等の理由から計算を行っていない。また、実際のライシメータでは、融雪量と降雨

キーワード 融雪モデル、熱収支法、Degree-day 法

連絡先 〒924-0838 石川県白山市八束穂 3-1 TEL : 076-274-7802 FAX : 076-274-7102

量を合算して観測しているため、本研究においても融雪量と降雨量を足し合わせたもので比較を行った。各手法の計算結果を図1、2および表1に示す。図1より、どの手法も観測値との傾向が定性的に合致している。しかし、1月上旬において観測値と簡易熱収支法では、1月6日を除いて融雪量をほとんど示していないが、Degree-day法および改良型Degree-day法では10 mm~30 mm/day程度の融雪量を算定しているため、融雪量を過大評価する傾向が見られる。図2は推定値の再現性の精度を示している。観測値が10 mm以下では簡易熱収支法のばらつきが少ないが、Degree-day法および改良型Degree-day法では前述したように計算値を過大評価する傾向が見られる。また、観測値が10 mm以上では、どの手法も計算値を過小評価する傾向が見られる。表1に表示した相関係数に着目すると、簡易熱収支法では2013年を除く全ての年で0.80以上の値を示しており、特に2018年においては0.95であることから、再現性が他の手法に比べて高いことが分かる。

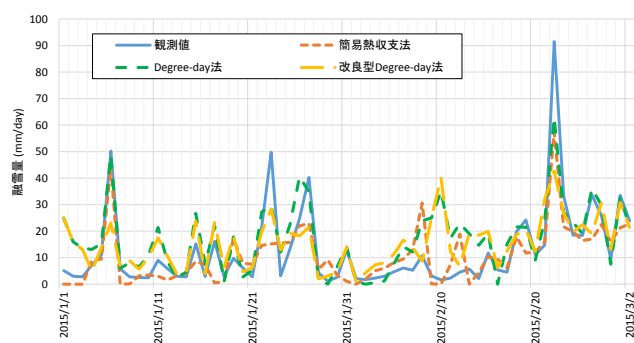


図1 各手法による時系列データ (2015 年)

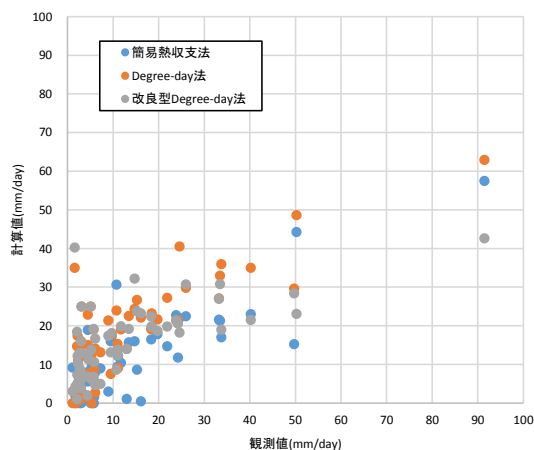


図2 観測値と計算値の比較 (2015 年)

表1 各手法の相関係数

	簡易熱収支法	Degree-day法	改良型Degree-day法
2013年	0.76	0.75	0.71
2015年	0.82	0.81	0.66
2017年	0.86	0.89	0.78
2018年	0.95	0.89	0.86

3.2 国道41号線融雪災害の事例解析

2010年3月9日に発生した災害の要因としては、前年の12月から続いた断続的な積雪と3月上旬の連続降雨による融雪水が凝灰岩が分布する地山に浸透し、強度が低下したことが考えられる。図4に2010年1月から災害発生日までの簡易熱収支法による融雪量を示し、比較のために2018年の融雪量も併せて表示する。

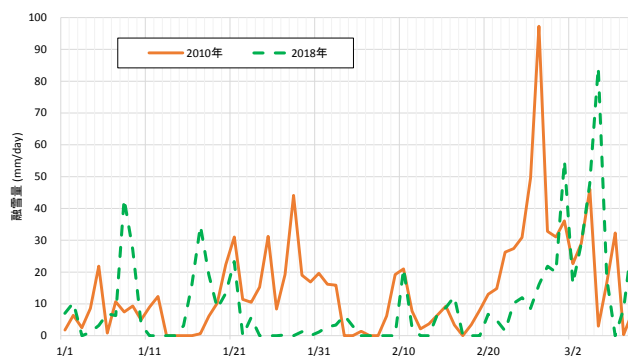


図3 災害発生時の融雪状況

2010年の傾向を見ると、ピーク値が100 mm/day近い値であるが、総じて例年通りの値を示しており、算定した融雪量で災害が発生したとは考えにくい。よって簡易熱収支法では融雪量を過小評価している可能性が考えられる。また、ピーク値を記録した日から災害発生日まで10日間の開きがあることから、融雪水と降雨が地下水位に与えた影響について疑問が残る。このことから、融雪水量および地盤内における融雪水の浸透過程について今後検討していく必要がある。

4. まとめ

本稿では簡易熱収支法、Degree-day法等の複数の融雪量推定手法の妥当性の検証を行った。その結果、簡易熱収支法の再現性が最も高いことが分かった。また、国道41号線で発生した融雪災害では、融雪のみならず複数の誘因が影響を与えた可能性が考えられる。

謝辞

本研究は日本工営株式会社との共同研究「融雪時における法面安全性に関する共同研究」の一部として実施した。

参考文献

- 1) 水津重雄: 広域に適用可能な融雪・積雪水量モデル, 雪氷, Vol.64, No.6, pp.617-620, 2002.
- 2) 国土交通省: 富山管内道路防災定期点検業務報告書
- 3) 気象庁: 過去の気象データ <https://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etrn/index.php> (2019年3月20日アクセス).